

令和 5 年 10 月 23 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04274

研究課題名（和文）傾斜支持型球駆動式全方向移動装置の開発

研究課題名（英文）Development of an omni-directional vehicle with inclined support type ball drive

研究代表者

宮本 弘之（Miyamoto, Hiroyuki）

九州工業大学・大学院生命体工学研究科・准教授

研究者番号：20336100

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：移動機構では走行安定性が最重要課題の一つだが、従来の全方向移動機構は走行安定性に問題があった。申請者は外乱に強く安定した走行が可能な球駆動方式全方向移動機構を開発した。しかし、球を駆動するロータが滑り、高い走行安定性を維持するため、球と駆動ロータを圧接するアイドルの定期的な調整が必要であった。また、弾力性のある滑り難い材質の駆動ロータは耐久性が低いという問題があった。そこで本研究では、駆動ロータの弾性に依存しない全く新しい機構、具体的には、台車の荷重を駆動ロータの圧接力に分散する駆動ロータの配置方法を提案する。試作車でロータが滑らないこと、重心制御での段差乗り越え性能向上を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本機構が完成すると、弾性が少ない代わりに、耐久性の高い駆動ロータが使える、かつ走行安定性の更なる向上が可能となる。さらに圧接力生成をアイドルに頼らないので、調整やメンテナンスが不要となる。ミニチュアの試作機で有効性は確認したが、実用化のステージに進むには、人間が搭乗できるサイズの試作機で設計パラメータの最適化を図る必要がある。本研究本研究開発の目標が達成されたあかつきには、全方向移動が可能な搬送台車、電動車椅子、パーソナルモビリティ等の実現に直ちに活用できる。

研究成果の概要（英文）：Running stability is one of the most important issues for a moving mechanism, but the conventional omnidirectional moving mechanism had a problem with running stability. In response to this, the applicant has developed a ball-driven omnidirectional movement mechanism that is resistant to disturbances and capable of stable running. However, the rotor that drives the ball slips, and in order to maintain high running stability, it is necessary to periodically adjust the idler that presses the ball and the drive rotor. In addition, there is a problem that the drive rotor made of an elastic non-slip material has low durability. Therefore, in this research, we propose a completely new mechanism that does not depend on the elasticity of the drive rotor. It was confirmed that the rotor did not slip on the prototype vehicle and that the center of gravity control improved performance over bumps.

研究分野：知的ロボット工学

キーワード：全方向移動 球型車輪

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

従来の全方向移動機構の課題であった走行安定性を解決するため申請者は外乱に強く安定走行が可能な球駆動方式全方向移動機構を開発してきた。しかし、球を駆動するロータの滑り防止のため、球と駆動ロータを圧接するアイドラの定期的な調整が必要であった。また、弾力性のある滑り難い材質のロータは耐久性が低い。そこで、駆動ロータの弾性に依存しない全く新しい機構、具体的には、台車の荷重を駆動ロータの圧接力に分散する駆動ロータの配置方法を提案する。本機構が完成すると、弾性が少ない代わりに耐久性の高い駆動ロータが使える、かつ走行安定性が向上可能となる。さらに圧接力生成をアイドラに頼らないので、調整やメンテナンスが不要となる。ミニチュアの試作機で有効性は確認したが、実用化のステージに進むには、人間が搭乗できるサイズの試作機で設計パラメタの最適化が必要である。本研究の目標が達成されれば、全方向移動可能な搬送台車、電動車椅子、パーソナルモビリティ等の実現に直ちに應用できる。

狭い場所で自由に移動できる全方向移動機構は、オムニホイールに代表されるように、走行安定性が不十分で高コストなので、現在のところ実用に堪える製品はない。しかし、これらの欠点が克服されれば、医療、生産、家庭内、アミューズメント等、さまざまな分野への波及効果が大きく、大変有望な技術である。オムニホイール式は制御が容易で最も多く用いられているが、オムニホイールの横滑りを利用するので、ホイールの駆動方向と機構自身の移動方向は一致しない。したがって、全てのオムニホイールが確実に走行面に接地している必要があり、床面の凸凹等の影響を受けやすい。いずれかの球と床面の摩擦が小さい場合は、走行挙動が不安定となり危険な場合もあり得る。このようにオムニホイール式は絨毯や不整地などでの走行には適さず、均一な床面など、活用場面が限定される。また、小径のローラが車輪の円周に沿って配置されているため段差の乗り越えは困難である。オムニホイールの回転による振動と騒音の問題も残されている。

**【本研究の方式:球駆動】** 我々が開発中の方式では3つの球体と3つの駆動用モータを組合せ、隣り合う球をひとつのモータで同時に駆動する。そのため横滑りを生じず、球の回転方向と装置全体の移動方向が一致するので、床面の凸凹等の影響を受けにくく走行安定が高い。また、球が車輪代わりなので、騒音や振動の問題も生じず、球の半径より低い段差を乗り越えることができる。平面内の全方向移動のための自由度が3であるのに対して、モータは必要最小限の3つで、シンプルな構造であるため部品数も少なく、低コスト化が見込める利点がある。以上のように、本研究で開発する全方向移動装置は機構的にも無理や無駄がなく、高い走行性能と安定性を有する。

#### **【解決すべき課題】** 球駆動式全方向

移動装置において、これまで我々が用いてきた従来のロータ配置を図1に示す。図において、台車の荷重は全て球の真上のボールキャストから球に加わる。ロータの回転力を確実に球に伝達するため、アイドラを球に強く押し付けて、ロータに圧接力を発生させる。ところが急な方向転

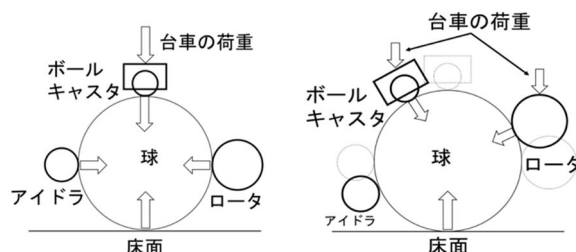


図1:従来のロータ 図2:傾斜支持型のロータ

能が低下した。このロータの滑りの問題が、球駆動式全方向移動装置の実用化を阻む解決困難な唯一の課題であった

## 2. 研究の目的

ロータの滑りの問題を根本的に解決するため本研究課題では図2に示す傾斜支持型のロータ配置を提案する。本方法では、ロータとボールキャストを球の斜め上方に置き、台車の荷重がロータ圧接点として球に作用する。したがって、軽荷重でも重荷重でも、荷重の大きさに応じて自動的に圧接点力が変化する。そのためロータの滑りが軽減され、金属製のロータを用いれば高い耐久性が期待できる。また、煩雑な調整を必要とせず、常に適正なロータ圧接点を生じるので、メンテナンス無しで高い走行安定性を長期間に亘って維持できる。さらに、ロータと球の位置関係のズレが生じにくく走行安定性が高い。以上のように、ロータを球の斜め上方に配置する方法は従来、解決が非常に困難であった問題を一挙に解決できる。

## 3. 研究の方法

我々が開発してきた球駆動式全方向移動装置では、ひとつのモータで隣り合う球を同時に駆動することで、高い走行安定性を可能とする。この駆動方式と、ロータを斜め上方に配置することを両立するための、ロータの適切な配置方法が未解決であったが、最近新たな手法を開発した(特許申請中)。この新たな手法を用いて、ロータ回転軸とアイドラ回転軸と球中心を通る面を床面に対して傾けることによりロータを球の斜め上方に配置する。この配置ではアイドラを球に強く押し付けることなく、走行中に球に加わる外力による球の位置ずれによる、ロータと球の圧接点力への影響が軽減できる。ロータをより上方に配置すれば、台車の荷重がロータ圧接点に変換される割合が大きくなるが、同時に球の回転軸も傾くことになる。この球の回転軸の傾きが走行安定性に影響を与える可能性がある。そこで本研究課題では、ロータ配置の傾斜の度合いと走行安定性の関係を明らかにし、用途に応じた最適な設計パラメータの設定を可能とする。

## 4. 研究成果

本研究では球に対するロータの設置位置が異なる二つの台車を用いて実験を行った。台車の球の大きさは20cmである。球の中心からとロータの接点を結ぶ線と水平との角度を35度としてロータを低位置に配置した台車(図3)と、球の中心からとロータの接点を結ぶ線と水平との角度を45度としてロータを高位置に配置した台車(図4)である。

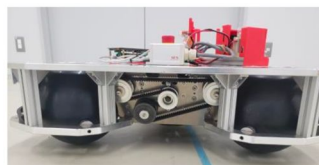


図3：ロータ低位置。

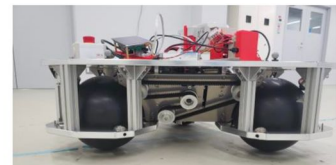


図4：ロータ高位置

**走行実験と結果：**人工芝を用いて悪環境を模擬した条件と滑らかな床面の条件での走行と比較し、路面環境による球体駆動式移動機構の走行への影響を調査した。

台車には、まず前方へ、次に右方向に、続いて後方に、最後に左方向にそれぞれ200mmずつ移動し、200mm × 200mmの正方形を描くように走行させた。走行実験の結果、図5に示す

ように、平坦な床面では、ロータを低位置に配置した台車とロータを高位置に配置した台車の走行軌跡にはわずかな差が見られるものの、大きな差は見られず、どちらの台車も比較的正確な正方形を描くことができている。不整地(人工芝)での走行変位を見てみると、

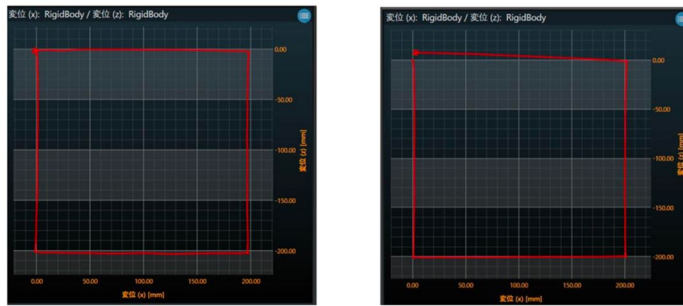


図5：台車速度 0.3 [m/s] の平坦な床面での走行変位、左：ロータを低位置に配置した台車と、右：ロータを高位置に配置した台車

図6に示すように、ロータを低位置に配置した台車では、平坦な床面での走行軌跡と比して大きな変化は見られない。しかし、ロータを高位置に配置した台車では、走行軌跡の乱れが見られた。

**段差乗り越えに重心移動が及ぼす効果について：**段差を走行時の外乱とした場合の段差乗り越え能力を調べた。その結果、台車の前側の球が段差を乗り越えようとする時に、台車の後方に重心が移動していれば、台車前部の球が容易に段差を乗り越えられることが分かった。次に、台車後部の球が段差に差し掛かった時には、台車の前部に重心が移動すれば台車後部の球が容易に段差を乗り越えられることが分かった。この重心移動の効果は、台車にスライド移動式の錘を設置しても良いし、台車の外側にキャストを配置してキャストが段差に乗り上がることによる仮想的な重心移動を利用しても良い。また、将来、協働ロボットに応用する場合、台車上部に搭載したアーム型ロボットのアームを前方に振り上げたり、後方に振り上げたりすることによって重心を移動させることができる。

**まとめ：**本研究課題では、ロータ配置の傾斜の度合いと走行安定性の関係を明らかにし用途に応じた最適な設計パラメータの設定を可能とすることが目的であったが、平坦な床面では最適な設計パラメータの範囲は大きくすることができるが、不整地等の走行に適用する場合は、できるだけ低い位置にロータを配置する必要があることが判明した。このことは製品化する場合に非常に重要な設計指針と考えられる。また、段差乗り越えを容易にする重心移動の手法も効果を確認することができ、将来の協働ロボットの設計に活用できると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 球体駆動式移動装置	発明者 宮本弘之、松本祥樹	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願 2 0 1 8 - 2 2 2 1 6 5	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

新型球駆動式全方向移動台車 <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Z_Z7i5xpiec">https://www.youtube.com/watch?v=Z_Z7i5xpiec</a> 新型球駆動式全方向移動台車 <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Z_Z7i5xpiec">https://www.youtube.com/watch?v=Z_Z7i5xpiec</a>
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------